الصفائح التكتونية

زحزحة القارات :

هي حركات تحدث ببطء شديد وتستغرق وقتا طويلا لحدوثها ولا يستطيع الإنسان في حياته القصيرة أن يشاهدها ولكنه يستدل عليها من الآثار الناجمة عن هذه الحركات . ولتوفر وتنوع الأدلة التي تدل علي تغير شكل الأرض عبر الأزمنة الجيولوجية السابقة تدافع العلماء بوضع النظريات التي تفسر تغير شكل القشرة الأرضية بفعل العوامل الداخلية ومن هذه النظريات ، نظرية لاب وورث **Lap Worth** (عام ١٨٩٢) الذي فسر تكوين الجبال نتيجة تبريد مواد الأرض ومن ثم تقلص وانكماش موادها الباطنية بشكل اكبر من سطحها ما نتج عنه مناطق حدبة تمثل الجبال ومناطق مقعرة تمثل المحيطات . وكذلك نظرية التتراهيدية (نظرية الهرم الثلاثي) **Tetrahedral Hypothesis** والتي فسرت تكوين الجبال والمحيطات نتيجة التبريد وتقلص باطن الأرض ونتج عن ذلك تكوين أجزاء بارزة من اليابس علي شكل مثلثات مختلفة الحجم تمثل القارات أما سطح المستوية السطح والمنخفضة تمثل المحيطات والبحار وهناك غيرها من النظريات التي افترضت نشوء القارات والمحيطات بفعل حدوث زحزحة رأسية في قشرة الأرض وهذه النظريات غير مقبولة علميا .

نتيجة لملاحظة كثير من العلماء أوجه الشبه الكبير بين السواحل الغربية لقارتي أوروبا وأفريقيا وبين السواحل الشرقية للأمريكتين من حيث الشكل العام للسواحل وتشابه البنية الجيولوجية والتكوين الصخري والحفريات والمناخ القديم في كل من هوامش القارتين تقع علي جانبي المحيط الأطلسي . واستطاع العالم الأمريكي تايلور **Taylar** في جمع هذه الإفتراضات المتناثرة السابقة ووضعها في إطار نظرية متكاملة عام ١٩٠٨ – ١٩١٠م وهي نظرية زحزحة القارات والتي تفسر الاختلاف في توزيع اليابس والمسطحات المائية علي أساس حدوث زحزحة أفقية في أجزاء القشرة الأرضية . وأن هذه الزحزحة القارية بدأت أساسا من منطقة القطبين حيث كانت القارات الأولية متجمعة عندها .

ولكن واجهت نظرية تايلور الكثير من الاعتراضات إذ لم تكن النظرية مدعمة بالأدلة العلمية الكافية وتعد دراسات تايلور مقدمة لظهور نظرية زحزحة القارات التي قدمها العالم الألماني الفريد فجنر **Wegener** عام ١٩١٥ م . ويعد فجنر أول باحث قدم نظرية زحزحة القارات في إطار علمي مقبول فقد اقترح فجنر بأن القارات كانت متجمعة في كتلة قارية ضخمة (قارة بانجايا في منطقة القطب الجنوبي ثم انقسمت إلى قسمين هما كتلة أوراسيا (قارة أنجارا) والكتلة القطبية الشمالية الكندية (قارة أركتكس وقارة لورنشيا) في الشمال أما في الجنوب فكانت الكتلة الأفريقية (قارة جندوانا) ويفصل بين هذين القسمين بحر عظيم يقع فوق ثنية حوضية مقعرة عظمي في قشرة الأرض وهو بحر تش **Tethys** ثم تعرضت القارات القديمة لعمليات التكسر والزحزحة الأفقية . إلا أن هذه النظرية لم تفسر كيفية تحرك أجزاء قشرة الأرض أفقيا ولم تحدد أسباب الحركة ونتائجها ولم تحدد الفترة الزمنية لتحرك

هذه الأجزاء وغيرها من الانتقادات وعلي الرغم من أن آراء فجنر المتعلقة بالقوي المسؤولة عن حدوث عملية الزحزحة الأفقية للقارات لم تكن سليمة علميا إلا أن مضمون العمل الذي اقترحه كان بصورته العامة كافيا لإثراء نظرية زحزحة القارات . ودعم بعض الجيولوجيين نظرية فجنر بالأدلة العلمية والتي مهدت إلى وضع نظرية تكتونية الصفائح الجيولوجية ومن هذه الأدلة:

١ - أدلة تلاحم هوامش القارات وترابطها :

أظهرت دراسة علماء الجيولوجيا لخرائط أطلسية للعالم إمكانية تلاحم سواحل بعض القارات وتم رسم خريطة تظهر أن القارات كلها كانت متجمعة في كتلة واحدة منذ ٣٠٠ مليون سنة مضت وأكد الأستاذ فجنر إمكانية تلاحم حافات القارات فيما بينها وداخل سواحلها بخريطة مورفولوجية لأراضي البحار والمحيطات .

وقد استعان السيد إدوارد بولارد بالحاسب الآلي (الكمبيوتر) لتأكيد إمكانية تلاحم هوامش القارات (الغربية للعالم القديم والشرقية للعالم الجديد) والتي تكاد تلتحم فيما بينها تماما باستثناء مناطق صغيرة تمثل مناطق تركب فيها جزءان من الأراضي فوق بعضها البعض.

٢ - أدلة البناء الجيولوجي :

يتألف قلب القارات من كتل صخرية أركية قديمة تكون جذور السلاسل الجبلية القديمة تسمي أحيانا بالدروع القارية أو القاعدة الأساسية للقارات . وتمثل هذه نطاقا بارزا بين التكوينات العامة للقارات ، وتبين أن مناطق هوامش القارات التي كانت ملتحمة وأصبحت اليوم متباعدة تتضمن صخورا ذات بنية جيولوجية متشابهة . ويمكن تتبع الأدلة للبناء الجيولوجي بين كل من أمريكا الجنوبية وأفريقيا وكذلك في الجزر البريطانية وأوروبا والتي أيضا يمكن ربطهما وتأريخهما جيولوجيا بسلسلة مرتفعات الأبلاش في شرق الولايات المتحدة . ووفقا للأدلة البنيوية يمكن إعادة ترتيب هذه القارات المتباعدة وربط بعضها بالبعض الآخر واقترح الشكل العام للكتلة القارية العظمي **Super Continent** والتي أطلق عليها فجنر من قبل قارة بنجايا.

٣ - أدلة الحفريات :

تم العثور علي طبقات من الصلصال غنية بحفريات الميزوسور ، وهو حيوان من الزواحف المائية صغيرة الحجم يبلغ طوله ٥٠ سم له قدرة علي السباحة لمسافات طويلة لكن لم يعثر علي حفرياته إلا في صخور الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية والساحل الغربي لأفريقيا مما يدل علي أنهما كانا متلاصقين ثم انفصلا .

٤ - أدلة التكوين الصخري :

ويقصد به أنواع الصخور سواء كانت صلبة أو لينة ونوع البيئة الترسيبية التي تكونت فيها . ومن خلال الدراسات التي أجريت لوحظ أن هناك تطابق كبيرا وتوافق واضح بين التكوينات الجيولوجية وسماكة الصخور المكونة لهوامش القارات التي كانت متلاصقة ومتلاحمة بعضها مع بعض . ومثال ذلك ما قام به الأستاذ أحمد من مصلحة المساحة الجيولوجية الهندية بإعداد خريطة توضح مدي الترابط بين تكوينات الصخور البرمية **Permian** (عمرها الجيولوجي ٢٣٠-٢٧٠ مليون سنة مضت) في كل من الهند وأستراليا .

٥- <u>أدلة المناخ القديم للأرض</u> :

كان للمناخ أثره الواضح في التكوينات الجيولوجية القديمة ورواسبها التي لا تتكون إلا في ظروف مناخية معينة

أ- وجود رواسب جليدية قديمة تعرف باسم التيليت **Tillites** إلى جانب وجود الحزوز الجليدية أسفل التكوينات الإرسالية الجليدية ما يدل علي الاتجاهات التي تحرك الجليد القديم منها في كل من أفريقيا و أمريكا الجنوبية وما يؤكد التحامهما في فترات جيولوجية .وعلى أن التوزيع الجغرافي لمناطق التكوينات الإرسالية الجليدية القديمة وأعماقها (خاصة في أمريكا الجنوبية) وتوضح المناطق التي تعرضت بشدة للتعرية الجليدية (خاصة في جنوب أفريقيا) خلال نفس الفترات والاتجاهات التي انساب الجليد منها ما يدل علي أن " الجليد الكربوني القديم " عمل علي إزالة كميات ضخمة من الرواسب الجليدية من جنوب أفريقيا وارسابها في قارة أمريكا الجنوبية عندما كانتا ملتحمتين في قارة واحدة .

ب-وجود رواسب الحجر الجيري والمرجان وهما مؤشرات للمناخ الحار والمياه الدفيئة في القسم الأسفل من تكوينات الزمن الجيولوجي الأول عند المناطق القطبية ما يدل علي نظرية تزحزح القارات .

ج-وجود تكوينات المتبخرات مثل الجبس والملح والسيلفيت (مؤشر جيولوجي للمناطق الحارة الجافة وتتكون نتيجة تبخر المسطحات المائية) في مناطق باردة تقع شمال كندا وسيبريا .

د-هذا إلى جانب التوزيع الجغرافي لطبقات الفحم الكربوني والذي يدل علي حدوث فترات مناخية رطبة.

٦-<u>أدلة مغناطيسية الصخور :</u>

وأن لكل مادة صلبة قابلة للمغنطة **Magnetization** درجة حرارة إذا وصلت إليها أو تعدتها فإن هذه المادة تفقد مجالها المغناطيسي وتسمي هذه الدرجة نقطة كوري **Curie Point** ففي حالة برودة الصخور النارية عن درجة حرارة كوري تتمغنط المعادن في الصخر الناري وفقا لاتجاه الحقل المغناطيسي للأرض وقت تكوين الصخر الناري . وفي حالة الصخور الرسوبية فإنها قد تحتوي علي قلة من المعادن الممغنطة والتي تتخذ اتجاها موازيا للمجال المغناطيسي للأرض أثناء ترسيب الصخر الرسوبي . ومن دراسة خاصية مغناطيسية الصخور تمكن العلماء من تحديد موضع القطبين المغناطيسيين للأرض إبان فترة تكونها . وقد اتضح أن القطبين المغناطيسيين الشمالي والجنوبي للأرض تحركا بشدة عبر الأزمنة الجيولوجية وقد أطلق العلماء علي هذه الحركات المغناطيسية للقطبين تعبير " التجول القطبي **Polar Wandering** " وعند رسم منحني تجول القطب المغنطيسي وجدوا أن لكل قارة منحني خاص به وعندما أعادوا تجميع القارات بعضها في العصور الجيولوجية المختلفة وجدوا أن مواقع الأقطاب في بعض العصور متطابق ما يدل علي أن جميع القارات كانت متجمعة في كتل قارية واحدة (منطقة القطب الجنوبي المغناطيسي للأرض).

٧-أدلة الحركات الأرضية السريعة (الزلازل والبراكين) :

حيث يلاحظ أن مناطق انتشار البراكين هي نفس مناطق توزيع المراكز البؤرية للزلازل ويستدل العلماء من ذلك علي أن هذه المناطق تمثل حدود التحام ألواح كبيرة Large Plates مكونة القشرة الأرضية . وبعض هذه الألواح قاري وآخر محيطي .

٨-أدلة انتشار الحرارة المنبعثة من باطن الأرض :

المعروف أن الحرارة تتزايد في باطن القشرة الأرضية مع العمق ويسمي هذا التزايد بالتدرج الحراري الرأسي وهو يختلف في المناطق القارية عنه في المناطق المحيطية . ومن الملاحظ أن مقدار الحرارة المنبثقة من القارات متساو تقريبا مع مقدار الحرارة المنبثقة من قاع المحيطات . إلا أن المتوقع أن تكون الحرارة المنبثقة من القارات أكبر من المناطق المحيطية بسبب احتواء الصخور الجرانيتية المكونة للقشرة القارية تحوي كمية أكبر من العناصر المشعة مما هو موجود في الصخور البازلتية المكونة لقاع المحيطات ويعود السبب في ارتفاع كمية الحرارة المنبثقة من المناطق المحيطية لعدة أسباب منها : أن تواجد أجزاء في المناطق المحيطية تكون فيها حركة انتقال المواد الصخرية من أسفل إلى أعلي وهذه الحركة هي السبب في نقل كمية كبير من الحرارة الكامنة في الأعماق إلى السطح .

نظرية تكتونية الألواح (الصفائح) الجيولوجية :

تسهم نظرية الألواح أو الصفائح الجيولوجية تعميق فهم التغيرات التكتونية التي تنتاب باطن الأرض والتوزيع الجغرافي للسلاسل الجبلية ومناطق تركز حدوث الزلازل والبراكين علي سطح الأرض كما ألقت الضوء علي مورفولوجية أرضية البحار والمحيطات .

١- بنية الألواح الجيولوجية :

سبق وأن أطلق على قشرة الأرض والقسم الأعلي الجامد من مواد وشاح الأرض معا تعبير الغلاف الصخري (الليثوسفير lithosphere) والذي يعرف بالألواح الجيولوجية ، أما القسم الأسفل من مواد وشاح الأرض شبه المنصهر فيعرف بالأسينوسفير asthenosphere وأن الجزء السفلي من الليثوسفير مع الأسينوسفير يمثلان الجزء العلوي لوشاح الأرض . وبذلك فإن الحد الفاصل بين الغلاف الصخري (الليثوسفير) الجامد والأسينوسفير شبه المنصهر يعد هو المنطقة المناسبة لحدوث الانفصال بين قشرة الأرض وباطنها ، بمعني آخر أن القشرة الخارجية للأرض تكون مرتبطة بشدة بالقسم الأعلي الجامد من الوشاح وأنهما يتحركان معا فوق مواد الوشاح شبه المنصهر . وطبقا لنظرية تكتونية الألواح فإن الغلاف الخارجي الصلب (الليثوسفير) ينقسم إلى :

أ- اللوح القاري :

يتصف اللوح بكبر سماكته حيث تبلغ في المتوسط حوالي ٣٥ كم ويتكون من صخور ذو وزن نوعي منخفض (متوسط الكثافة ٢,٨٥ جرام/ سم٣) ويكون شديد التماسك وقابل للطفو وبذلك فهو يقاوم الانغماس والانـزلاق إلى أسفل الوشاح وأن العمر الجيولوجي لها يقدر بنحو ١٠٠٠ مليون سنة وقد يزيد عمرها إلى ٤٠٠٠ مليون سنة .

ب- اللوح المحيطي :

يتصف اللوح بقلة سماكته حيث تبلغ في المتوسط حوالي ٨,٩ كم . ويتكون اللوح المحيطي من عدة نطاقات مرتبة من أعلي إلى أسفل شكل (١) كالآتي :

١- طبقة رقيقة نسبيا من الرسوبيات مثل الطفل والحجر الجيري .

٢- الحمم الوسائدية (طفوح بازلتية تشبه الوسائد)

٣- القواطع الرأسية البازلتية المتلاصقة .

٤- طبقة الجابرو التي تتجمد في حجرة الصهير (المجما) .

شكل (١)

٥- وتتركز الطبقات سالفة الذكر علي الوشاح المكون من مادة تشبه في تركيبها المعدني صخور البيريدوتيت الفوق قاعدية ويسمي هذا التتابع الصخري للقشرة المحيطية بصخور الأوفيوليت إذا وجد منكشفا علي سطح الأرض كما هو الحال في عمان وقبرص . وتتميز القشرة المحيطية بأن صخوره ذوات وزن نوعي مرتفع ولونها داكن ويتميز اللوح المحيطي بأنه أقل سمكا وأعظم كثافة وأحدث عمرا عن صخور اللوح القاري وأنها قشرة لا دوامية أي أنها غير مستقرة في حين أن القشرة القارية تتميز باستقرارها النسبي ، وأن أقدم صخور هذا اللوح يعود عمره أكثر من ٢٠٠ مليون سنة فقط .

٢- حدود الألواح الجيولوجية وأبعادها :

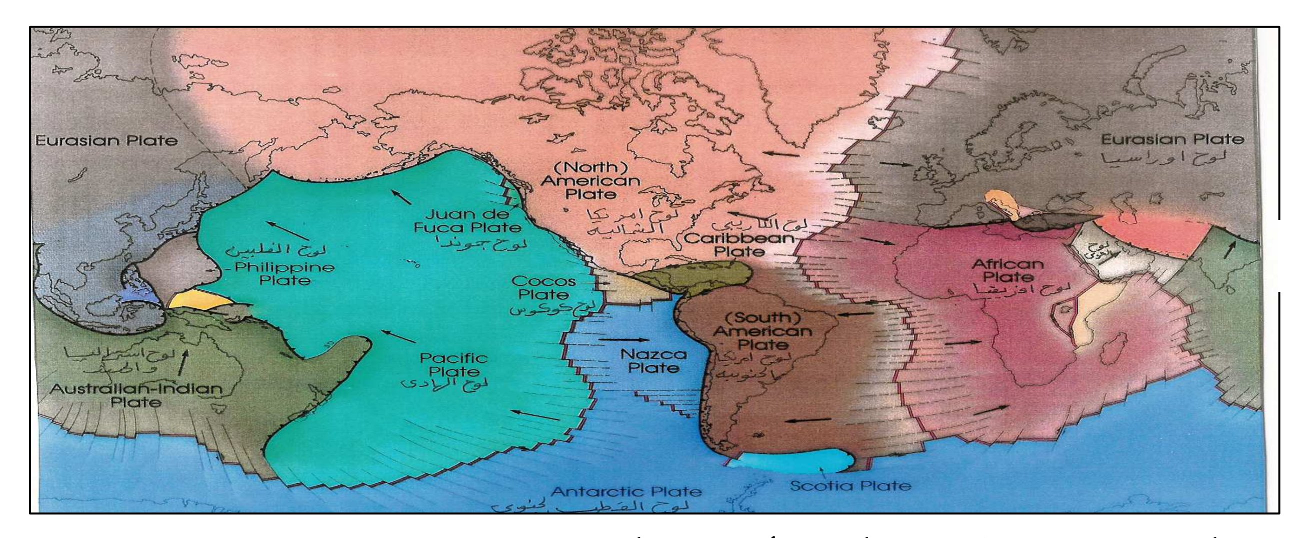
ومن دراسة النشاط التكتوني كالزلازل والبراكين وتعيين أماكن انتشارها فقد أمكن تحديد عدد الألواح الكبيرة والصغيرة وتعيين مساحتها ويتألف الليثوسفير من ست ألواح كبيرة وعدة ألواح صغيرة ويتروح سمكها من ٧٥ كم إلى ١٢٠ كم والألواح الكبيرة هي :

١- اللوح الأمريكي　　　　٢- اللوح الأفريقي

٣- اللوح الأوراسي　　　　٤- اللوح الأسترالي (استراليا والهند)

٥- اللوح الباسفيكي　　　　٦- لوح القطب الجنوبي .

وتتضمن الألواح الصغيرة نسبيا لوح جنوب شرق آسيا ، لوح نازكا ، لوح البحر الكاريبي ، لوح بحر فلبين ، اللوح العربي ، لوح كوكوس ، ولوح جوندا شكل (٢).



شكل (٢)

. ويغطي الألواح الكبيرة غالبية سطح الأرض وأكبر هذه الألواح هو لوح المحيط الهادي ويقع غالبيته في الحوض المحيطي وبالتالي فإن معظمه مغطي بالقشرة المحيطية باستثناء شريحة صغيرة مغطاة بقشرة قارية وتتضمن الجزء الغربي من قارة أمريكا الشمالية بما في ذلك جنوب غرب كاليفورنيا وشبه جزيرة جاما .

وهذه الصفائح تتحرك جميعا بالنسبة لبعضها البعض بفعل عوامل داخلية بسرعات تتراوح بين بضعة سنتيمترات في السنة إلى ٢٠ سم أو اكثر . ونتيجة لحركة الألواح فإن معظم النشاط التكتوني يتركز علي حدودها (هوامش) التي عادة ما تكون مناطق تشويه شديدة ، علما بأن حجم الصفائح (الألواح) يمكن أن تتغير حيث يلاحظ أن لوح المحيط الأطلسي يتسع نتيجة تحرك القارات علي جانبيه بعيدا عن مركز الانتشار بينما يصبح المحيط الهادي أصغر بتحرك القارات إليه من جميع النواحي .

٣- حركة الألواح الجيولوجية Plate movement :

والألواح الجيولوجية (الليثوسفير) أجسام صلبة طافية تنساب علي طبقة الأسينوسفير اللزجة الساخنة المتحركة وتنتقل الألواح في اتجاه محيط الكرة الأرضية بواسطة خلايا التيارات الحرارية الصاعدة فعندما يتحرك لوحان جيولوجيان في اتجاهين متضادين فإنهما يبتعدان عن بعضهما بالنسبة للخط الفاصل لحركتهما أو ما يعرف باسم محور الحركة أو الدوران **Axis of rotation** ويتألف هذا الفاصل من الحواجز المحيطية والصدوع المتغيرة شكل (٣) .



شكل (٣)

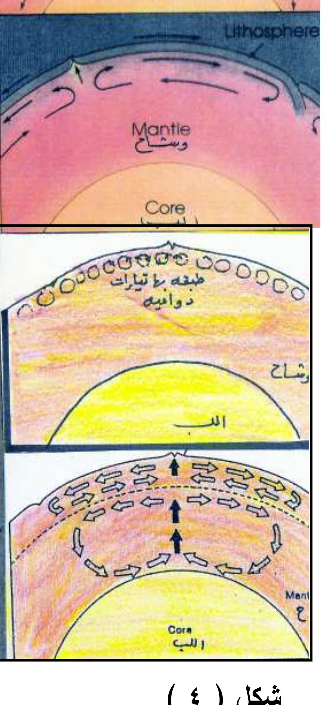
واقترح الأستاذ هيس أن الحواجز المحيطية الوسطي عبارة عن خطوط نمو قـشرة الأرض المحيطيـة ، حيـث يتجمع المجما علي طول خطوط الانفصال ثم تتعرض لعمليات التبريد ومن ثم تصبح جزءا من أرضية المحيطات

٤- ميكانيكية حركة الألواح الجيولوجية :

لم يتفق العلماء حتي الآن علي الأسباب التي تؤدي إلى حركة الألواح فوق سطح الكرة الأرضـية ومـن ضـمن الاقتراحات التي حاولت تفسير هذه الحركة شكل (٤) :

١- نظرية تيارات الحمل : ولها عدة نماذج منها :

(أ) تيارات الحمل العميقة للوشاح **mantle convectional** ويقصد بها التيـارات الحرارية الصاعدة **current convectional** الناتجة عن العناصر المـشعة مثـل الثوريوم والرابيديوم الموجودة في مواد باطن الأرض العالية الكثافة . وأن مواقـع تركيز هذه العناصر تكون مناطق حارة تحدث تيارات صاعدة للمادة الصخرية التـي



تتجه نحو السطح وعند وصولها إلى قاعدة اللوح الجيولوجي فإنها تدفعها إلى أعلى وينتج عن كسر اللوح ثم تفترق لتتحرك أفقيا بموازاة اللوح فتسحبه أفقيـا فتبـرد المادة الصخرية الصاعدة وتتجمد وتكون قشرة محيطية (حدود بناءة) أما الحـدود الهدامة فهي مناطق هبوط تيار المواد الصخرية والتي تؤدي إلى انغمـاس الحافـة الرئيسية للوح في الوشاح ساحبة بقية اللوح معهـا . وبـذلك تتكـون دورة مـن التيارات الحرارية للمواد الصخرية .

شكل (٤)

(ب) تيارات الحمل غير العميقة (السطحية) :

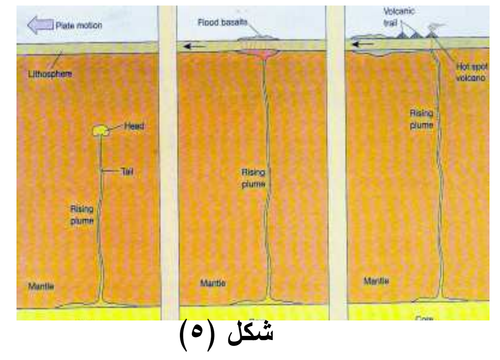
ويحدث هذا النوع من التيارات في النطاق الانسيابي (الأسينوسفير) أسفل اللوح المتحرك وقد تكون علي هيئة خلايا صاعدة صغيرة من تيارات حرارية جوفية دوامية الحركة.

(ج) تيارات الحمل العميقة والسطحية :

وتتكون من نوعين من التيارات أحدهما سطحي والآخر عميق وينفصلان عند حدود ٦٧٠ كم في الوشاح .

٢- ثواقب الوشـاح thermal plumes والبقـاع الـساخنة hot spot شكل (٥):

وهي عبارة عن أعمدة أسطوانية الشكل رفيعة من المادة الـصخرية الساخنة الصاعدة من مواد وشـاح الأرض والتـي تتكـون نتيجـة لارتفاع حرارة مواد الوشاح بدرجة أكبر بكثير من المـواد الأخـرى



شكل (٥)

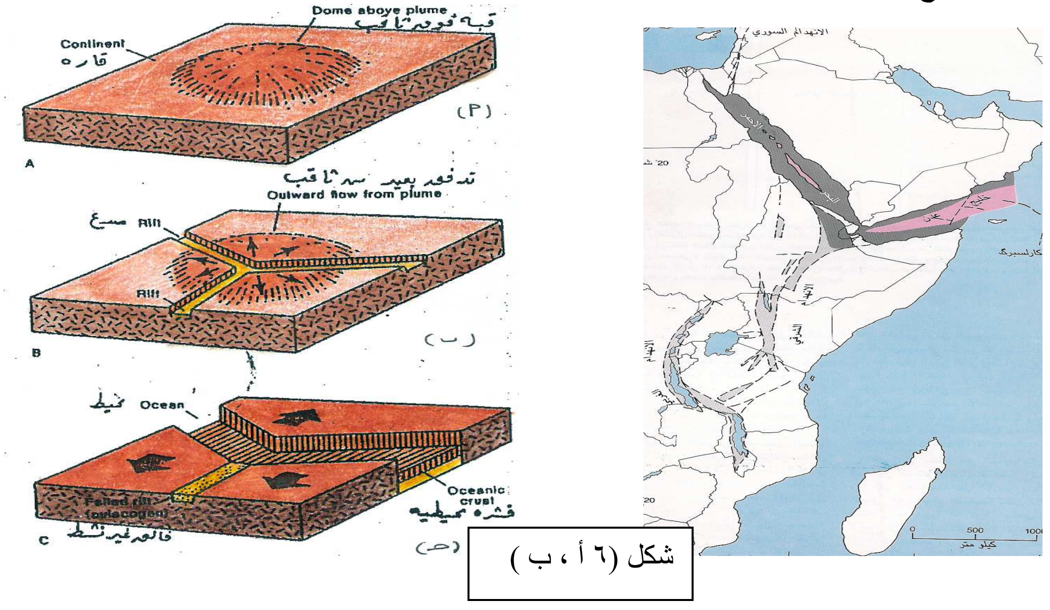
التي تحيط بها ، وأن هذا الحمل الحراري يقتصر علي هذه الثواقب أو الانبثاقات الضيقة والتي بعد وصولها للسطح فإن صخور الوشاح الباردة تهبط ببطء إلى الأسفل خلال بقية الوشاح دون تحديد مناطق خاصة للتيارات الهابطة . فهي تخص معظم الوشاح باستثناء المناطق الخاصة بالتيارات الصاعدة الأسطوانية. وثواقب الوشاح تكون بقاع ساخنة على سطح الأرض والتي تتميز بالتالي :

أ- تعد مناطق تعظم عندها درجات الحرارة الجوفية للأرض .

ب-تعد مناطق تركز النشاط البركاني ذات اللابة القاعدية .

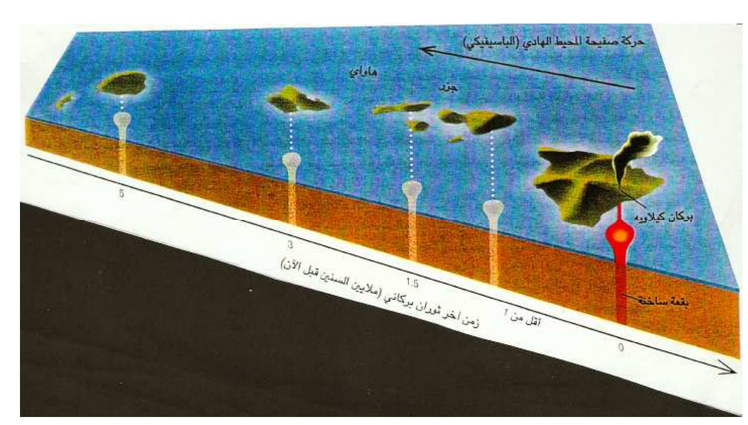
ج-ظهور قباب صخرية يبلغ متوسط قطرها ٢٠٠كم نتيجة حركات الرفع من اسفل إلى أعلي .

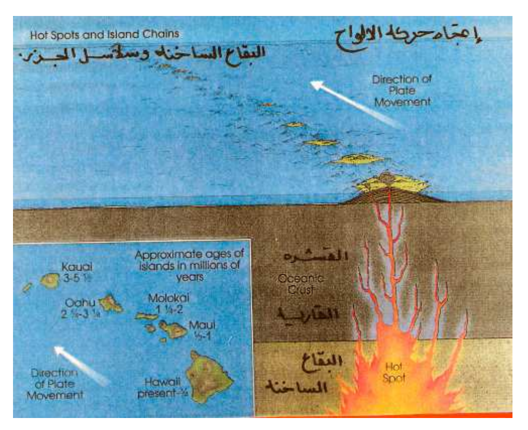
د- ينجم عن تكسر القباب أخاديد صدعية (نظام الأذرع الصدعية الثلاث) حيث يتكون ذراعين صدعين رئيسيين وصدع آخر ثانوي . شكل (٦ أ ، ب) كما في أخدود البحر الأحمر . وقد تسمي هذه المنطقة التقاء ثلاثة ألواح (النقاط الثلاثية triple point) وأقرب مثال لذلك وجود بقاع ساخنة البحر الأحمر الصدعي ذو ثلاث أذرع .



شكل (٦ أ ، ب)

ويعتقد الباحثون أن مواضع هذه البقاع الساخنة تظل ثابتة نسبيا في أماكن نشوئها من مواد الوشاح . وتتأثر القارات التي تقع فوق هذه البقاع الساخنة بالحرارة الجوفية للأرض بعكس القارات الزاحفة التي لا تتأثر كثيرا . ويمكن تشبيه ذلك في حالة وضع ورقة أعلي الطرف المشتعل من سيجارة ما يؤدي إلى حرقها أما في حالة تمرير الورقة علي الطرف المشتعل من السيجارة فإنها لن تحترق كلها بل قد تتأثر الأطراف التي لامست السيجارة المشتعلة فقط . ويوجد أسفل قارة أفريقيا نحو ستة انتفاخات ساخنة عظمي تعد المسئولة عن تضرس هذه القارة حيث يعتقد العلماء أن هذه القارة ظلت مستقرة في مكانها لمدة لا تقل عن ٣٠ مليون سنة وغالبا ما توجد الثواقب اسفل الألواح الجيولوجية الداخلية مثال ذلك البقاع الساخنة المكونة لجزر الهاواي شكل (٧) .





شكل (٧)

وقد أكد الأستاذ هنزل كلوس **Hans cloos** ذلك معمليا للمواد الصلصالية حيث تعرضت لعمليات الرفع علي شكل قبة تبعا لتأثره بتيارات حرارية ساخنة صادرة عن فوهة قنينة تحتوي علي مياه مرتفعة الحرارة . ثم تصدعت القبة إلى العديد من الصدوع البسيطة العادية **normal faults** والأخاديد الصدعية **Rifting** ذو ثلاثة أذرع.

٣- اندفاع المجما في مناطق الحدود البناءة كفيلة بإعطاء الطاقة اللازمة لتحرك الألواح الجيولوجية .

٤- سحب الألواح بسبب قوي الجاذبية الأرضية حيث أنها تجنب الجزء البارد من الألواح الهابطة واندساسه في مواد الوشاح عند الحدود والهدامة . حيث يؤدي ذلك إلى سحب الطرف الآخر من اللوح الموجود خارج نطاق الاندساس .

٥- ارتفاع المجما من الأسفل إلى الأعلي في الحدود البناءة برفع الأسينوسفير علي طول هذه الحدود وتكون انحدار في اتجاه البالوعة بحيث أن الألواح تنزلق علي هذا الانحدار .

وأخيرا قد تكون حركة الألواح الجيولوجية ناتجة عن تداخل كل هذه العوامل حيث لم يحدد إلى الآن عن يقين القوي الميكانيكية المسئولة فعلا عن تحرك الألواح الجيولوجية .

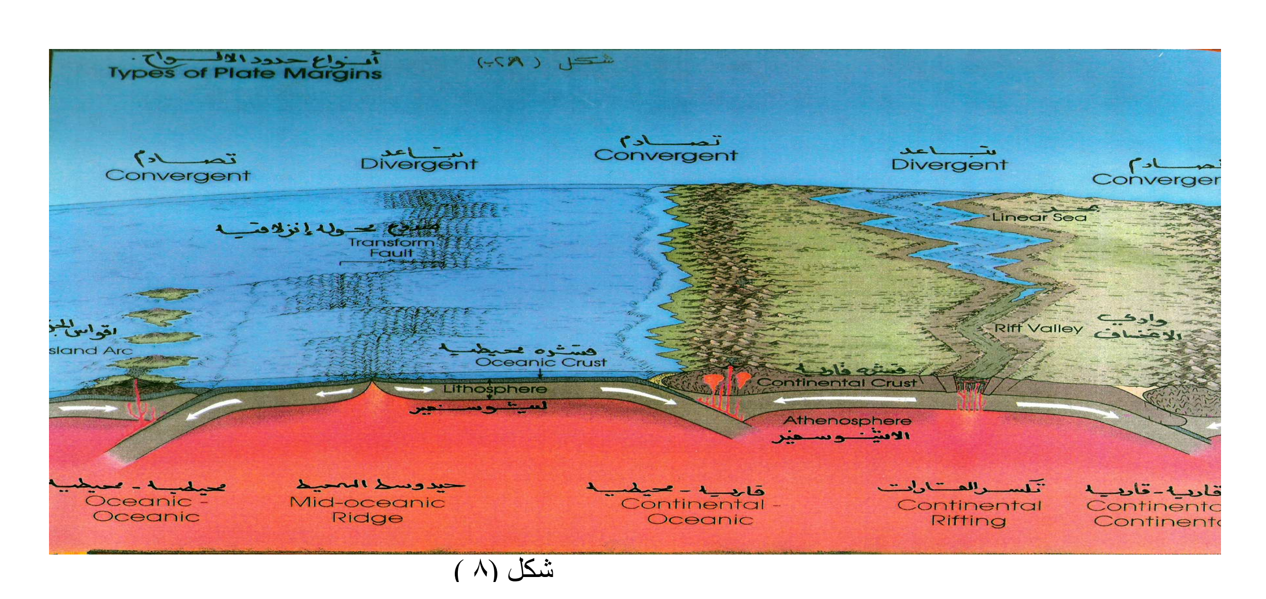
أنواع حركة الألواح الجيولوجية :

لقد أمكن باستخدام التقنيات الحديثة التي وفرتها تكنولوجيا قياس سرعة تحرك الألواح حيث وجد أنهـا تتحـرك بسرعة غير منتظمة ما بين ٢-١٥ سم في العام بسبب التوزيع غير المتساوي للحرارة في الأرض وقد حـددت أنواع الحركات النسبية للصفائح شكل (٨) كالآتي :

١- الحركة الانفراجية أو التباعدية (تباعد الصفائح وتمددها)

٢- الحركة التقاربية (حركة الصفائح باتجاه بعضها) ومن ثم قصرها وتحدبها .

٣- الحركة التحويلية (الانزلاقية) حركة أفقية للصفائح التماسكية ..



شكل (٨)

<u>أولا الحدود المنفرجة أو المتباعدة Divergent Margins</u>

<u>الحدود البناءة constructive margins</u>

وهي الحدود التي تبتعد فيها الألواح الجيولوجية بعضها عن بعض بفعل قوي الشد (في اتجـاهين متـضادين) واقترح هاري هس Harry Hess أن تحرك حواف الصفائح الجيولوجية (المنفرجة) عند حدودها بعيدا عـن بعضها البعض يقع تحت تأثير قوي الشد وذلك لصعود الصهارة البازلتية (القاعدية) وانبثاقهـا مـن الوشـاح الأسينوسفير وملء الفراغ الناشئ عن تحرك الألواح أو بسبب البقاع الساخنة (Hot spot) . ومـع انتـشار هذه اللابة على قاع المحيطات تفقد حرارتها وتتصلب علي جانبي الألواح مكونة مجموعة من الصخور النارية التي تكون بدورها القشرة المحيطية الجديدة وعندما تصعد الدفعة التالية من الصهارة البازلتية تنكسر وتنفـصم القشرة المحيطية سابقة التكوين في المنتصف وهكذا بتكرار انبثاق الصهارة علي جوانب الألواح المنفرج تضاف

قشرة محيطية جديدة ما يؤدي إلى تباعد الألواح الجيولوجية بعضها عن بعض .
وبسبب أن هذه الحدود البناءة تعتبر أماكن تزويد القشرة الأرضية بالمواد الصخرية لذلك تسمي أحيانا " بالمنبع " وتنتشر هذه الحدود في معظم الحالات بين لوحين محيطيين كما حيد وسط المحيط الأطلسي ، وأحيانا تقع الحدود البناءة بين لوحين قاريين مثل تباعد اللوح العربي عن الأفريقي وتكون البحر الأحمر .

<u>الظواهر الناشئة عن تباعد الألواح في القشرة الأرضية :</u>

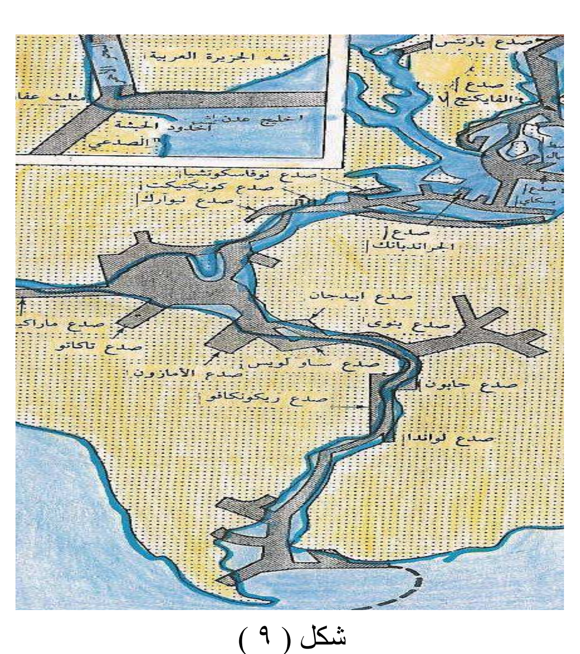
<u>[١]- الظواهر الناشئة عن تباعد الألواح في وسط القارات</u>

تعد البقاع الساخنة في مواد وشاح الأرض أحد الأسباب التي تؤدي إلى تكوين القباب والأخاديد الصدعية بل تكون هي مصدر القوي الميكانيكية المسؤولة عن انفصال الألواح الجيولوجية وتكسر القارات . والظواهر الناشئة عن ذلك هي :

<u>أ- الأخاديد الصدعية (وادي الانخساف) :</u>

تتعرض التكوينات الصخرية لحركات الرفع (up warping) ثم الشد من قبل البقاع الساخنة مما يؤدي إلى تكسر هذه التكوينات الصخرية المكونة للصدع ذات الثلاث أذرع ، نتيجة لهذا الكسر فإن الكتلة الوسطي تهبط وتكون أغوار صدعية . أما التكوينات الجانبية فتبقيان عند مستواها أو يندفعان إلى الأعلي . ومثال علي ذلك هو حوض نهر الراين وأخدود البحر الأحمر الصدعي .

<u>ب- تكسر القارات وانفصالها</u>



شكل (٩)

والتي تعتبر مرحلة لاحقة عن تطور الأخدود الصدعي :
فباستمرار صعود المواد المنصهرة البازلتية عبر البقاع الساخنة وانبثاقها في منطقة الأخدود الصدعي لتكوين قشرة محيطية جديدة في هذا النطاق يؤدي إلى اتساع أرضية الأخدود ومن ثم تكوين مسطح مائي (محيط) الذي يعتبر بداية انفصال القارات . أي نتيجة البقاع الساخنة تتكسر القارات في البداية وتنفصل عن بعضها البعض في المراحل اللاحقة . شكل (٩)
ومن أوضح الأمثلة لذلك انفصال القارات في منطقة الأخدود الصدعي ذو الثلاث أذرع في البحر الأحمر ، حيث اتضح أن هذا الأخدود تكون بفعل حركات صدعية حدثت فوق أعالي البقاع الساخنة في القشرة الأرضية . اثنان من الأذرع يعتبران صدعين رئيسيين للبحر الأحمر الصدعي أما الذراع الثاني الثانوي الصدعي هو ذراع الحبشة الصدعي . والذي يطلق عليه تعبير الذراع الصدعي الفاشل حيث أنه فشل في تكوين محيط أو ظهور مسطحات مائية علي غرار ذراع

عدن الصدعي الذي يكون محيط جنيني بفعل حركات التصدع علي الرغم من أن أخدود الحبشة الصدعي يبدو مكملا لأخدود شرق أفريقيا إلا أنه يعد جزءا من أخدود البحر الأحمر الصدعي .

ج- الأحواض والمرتفعات :

تعد البقاع الساخنة أحد الأسباب التي تكون القباب ، حيث يوجد مثلا أسفل قارة أفريقيا عدة بقاع ساخنة عظمي والتي تعد المسؤولة عن تضرس هذه القارة بخاصية الأحواض والمرتفعات . وتكون هذه المرتفعات انعكاسا للتأثيرات الناتجة عن البقاع الساخنة في حين تمثل الأحواض المناطق الفاصلة بين كل انتفاخ (مرتفع) ناتج عن البقاع الساخنة .

[٢] – الظواهر الناشئة عن تباعد الألواح علي هوامش القارات :

أ – الهضاب البازلتية (الطفح البازلتي) :

عند تكسر القشرة الأرضية وانفصال بعض أجزاءها عن البعض تنبثق اللابة البازلتية السليكتية عبر الشقوق فتنتشر إلى مسافات كبيرة علي هيئة غطاء أو طفح بازلتي شبه أفقي دون تكوين ارتفاعات جبلية أو براكين . والتي قد تظهر علي هيئة هضاب إذا ما تآكلت الصخور الواقعة تحته بفعل عوامل التعرية . ومن أوضح الأمثلة لتلك الهضاب البازلتية هضبة الدكن في شبه القارة الهندية الباكستانية ، وهضبة انتريم شمال جزيرة ايرلندا .

[٣] – الرفارف القارية :

يطلق الباحثون علي المناطق القارية النشأة التي تقع تحت منسوب سطح البحر تعبير الرفارف القارية والمنحدرات أو السفوح القارية . حيث يوجد الأخير عند أقدام الرفرف القاري ويكون شديد الانحدار عنه.
ويطلق على القسم الأسفل من المنحدر القاري اسم المرتفع أو الصعدة القارية والذي يتكون من صخور القشرة المحيطية . وتكون الرفارف القارية أعظم اتساعا على طول هوامش القارات التي تعرضت لعمليات الشد من تلك التي تتكون على طول هوامش القارات التي تعرضت لعمليات الدفع أو الضغط في اتجاهين متقابلين وعلي سبيل المثال فإن الرفارف القارية علي الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية أعظم اتساعا من الرفارف القارية علي ساحلها الغربي ومن ثم تعزي بنية هذه الرفارف القارية بصورة غير مباشرة إلى عمليات زحزحة الألواح الجيولوجية وحركتها .

__ثانيا – الظواهر الناشئة عن تباعد الألواح في القشرة المحيطية :__

__أ- اتساع أرضية المحيطات__

الحواجز المحيطية الوسطي (الحيود الوسطي المحيطية) :

وهي سلاسل جبال بركانية درعية مصهور في قيعان المحيطات ، وهي عبارة عن خطوط نمـــو لقــشرة الأرض المحيطية وتتميز بأنها :

١- توجد في منتصف المحيطات غالبا وترتفع حوالي ٣ كم عن قاع المحيط وتمتد علي شــكل سلــسلة جبليـــة طولية .

٢- تتشقق قمم هذه الحدود في وسطها نتيجة لتكوين منطقة انخساف حيث تنتشر فيها صدوع عاديـــة عديـــدة تمتد موازية للحدود بين اللوحين . وتسمح هذه التشققات الصدعية الكثيرة بانبثاق دفعات جديدة من الــصهارة البازلتية من خلالها وانتشارها علي جانبي الحيود مما يؤدي إلى دفع الألواح وأبعادهـــا عـــن بعــضها الــبعض وتكوين قشرة محيطية وقيعان جديدة للمحيطات لذلك يطلق علي الحيود اسم مراكز الانتشار.

٣- أن تكوينات الأسينوسفير تقترب من سطح الأرض على طول هذه الحواجز المحيطية الوسطي عنها فـــي أي منطقة أخري .

٤- تتركز مواقع الحيود عند خطوط تعرض المجما لحركات الدفع من أسفل إلى أعلي .

٥- ارتفاع درجات الحرارة الجوفية عند أرضية المحيطات ترتفع تحت منطقة الحواجز المحيطية الوسطي بعدة أمثال عن حرارة الصخور أسفل السهول المحيطية المجاورة ، وهذا يؤكد ويدعم نظرية اتساع أرضية المحيط .

٦- العمق المحدود للمراكز الداخلية للزلازل عند منطقة الحواجز المحيطية الوسطي تنشأ عن أعمـــاق لا تزيـــد عن ٦٠ كم أي أنها زلازل ضحلة .

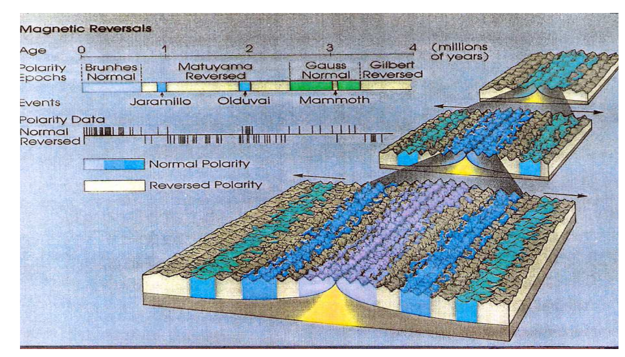
٧- قلة الرواسب المحيطية عند نطاق الحيود .

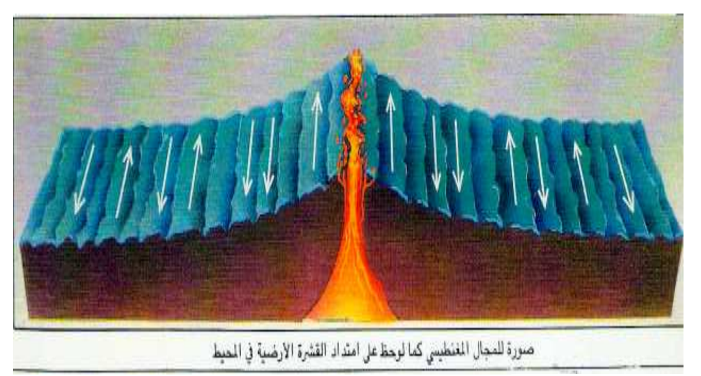
٨- هذه الحيود تكون متأثرة بصدوع عادية جانبية عديدة واسعة الانتشار تتمدد موازية للحدود الواقعـــة بـــين اللوحين .

٩- قد تظهر بعض القمم البركانية للحيود الوسط المحيطية علي سطح البحر مكونة جزر وأشـــهر أكبـــر هـــذه الجزر جزيرة ايلاند .

١٠- تتميز صخور القشرة المحيطية بوجود الأشرطة المغناطيسية . والمعروف أن لكـــل مـــادة صـــلبة قابلـــة للمغنطة درجة حرارة إذا وصلت إليها أو تعدتها فإن هذه المادة تفقد مجالها المغناطيسي وتسمي هـــذه الدرجـــة من الحرارة (نقطة كوري) الخاصة لهذه المادة . فعندما يبرد صخر ناري يصل إلى نقطة كوري يكتسب مغنطة خاصة به . ويكون اتجاه هذه المغنطة هو نفس اتجاه المجال المغناطيسي للأرض وفي تكوين الصخر النـــاري (أما بشأن الصخور الرسوبية الحاوية علي المعادن الممغنطة مثل أكاسيد الحديد والمنجانيت فإن هـــذه المعـــادن

تأخذ اتجاها موازيا للمجال المغناطيسي للأرض أثناء ترسيب الصخر الرسوبي .وتتخذ توزعات الشذوذ المغناطيسي لقاع المحيط امتدادات طولية علي شكل أشرطة مغناطيسية متوازية ذات خصائص (موجبة أو سالبة) ويكمن هذا بانقلاب وضع القطب المغناطيسي تماما فأنقلب القطب الشمالي مكان القطب الجنوبي عدة مرات (٧٨ مرة في ثمانين مليون عام الأخيرة لتاريخ كوكبنا) . وانقلب المجال المغناطيسي تسع مرات أثناء ملايين السنين الأربعة فالشذوذات الموجبة لها استقطاب مغناطيسي عادي (أي مثل اتجاه المجال المغناطيسي الحالي للأرض) . أما الشذوذات السالبة فتكون لصخور استقطاب مغناطيسي معكوس ، وطبقا لهذا يدعم نظرية اتساع قاع المحيطات ، وعند انبثاق جزء جديد من المواد المصهورة لتكوين قشرة محيطية جديدة عند الحيد في فترة زمنية تالية فإن الجزء القديم يتحرك أفقيا في اتجاهين متضادين بعيدا عن الحيد فيؤدي ذلك لتكوين مغناطيسيين متشابهين علي ناحيتي الحيد . وقد يحدث انعكاس في الاستقطاب المغناطيسي للأرض عند تكوين جزء من قاع المحيط فيصبح لهذا الجزء الجديد استقطاب معكوس باستمرار الانتشار الأفقي لقاع المحيط تتكون أشرطة مغناطيسية شكل (١٠ أ ، ب).





شكل (١٠ أ ، ب)

وقد أمكن معرفة انتشار حيد شرق المحيط الهادي ويساوي ٤سم – ٥سم في السنة وأما حيد وسط الأطلسي (جنوب جزيرة ايسلند) فوق انتشار يساوي ٢سم في السنة . ومن أحسن الأمثلة لحيود منتصف المحيط هو حيد منتصف الأطلنطي ويمتد من المحيط المتجمد الشمالي ويمر في منتصف المحيط الأطلنطي بطوله ثم يمر حول الطرف الجنوبي لقارة أفريقيا متجها إلى المحيط الهندي حيث يتفرع إلى فرعين يمتد أحدهما شرقا إلى المنطقة الواقعة جنوب استراليا حتي يصل إلى المحيط الهادي أما الفرع الآخر فيمتد داخل المحيط الهندي حتي يصل إلى خليج عدن والبحر الأحمر. ويمثل البحر الأحمر محيطا في طور التكوين ولا تظهر أعالي الحواجز المحيطية الوسطي فوق سطح مياه المحيط إلا في حالة اسلنا فقط .

ب- الجزر البركانية فوق الانتفاخات البازلتية الساخنة (البقاع الساخنة) :

تتكون هذه الجزر البركانية في وسط الألواح الجيولوجية ولا تتكون علي هوامش الألواح ، وتعزي نشأتها إلـــى وقوعها فوق أعلي البقاع الساخنة في مـــواد الوشـــاح مكونـــة براكين درعية شكل (١١) والذي ينتج عنهـــا تـــراكم طفـــوح بركاني من اللابة البازلتية خلال فتـــرات طويلـــة مـــن الـــزمن. والمعروف أن اللابة البازلتية قليلة اللزوجة فهي تفقد الغـــازات والسوائل الموجودة بداخلها بسهولة مما يمكنها من الانتشار علي مسافات كبيرة مكونة قباب واســـعة الانتـــشار لها ميل لا يزيد عن بضع درجات . وتقع معظم هذه البراكين الأحواض المحيطية بين الشقوق والسلاسل الجبلية المغمورة في قاع المحيطات (الحيود الوسط المحيطية) . وتعد جزيرة هاواي من أوضح الأمثلة لهذا النوع من الجزر البركانية في المحيط الهادي والتي تتكون من تلاحم عدة براكين درعية ويمكن توضـــيح كيفيـــة تكـــوين الجزر البركانية .حيث يتضح أن البركان الذي يقع مباشرة فوق البقاع الساخنة للوشاح يعد بركانا نشيطا .



شكل (١١)

ولكن عندما يتحرك اللوح الجيولوجي ويتزحزح بعيد عن مواقع البقاع الساخنة يصبح بركانا خامدا .

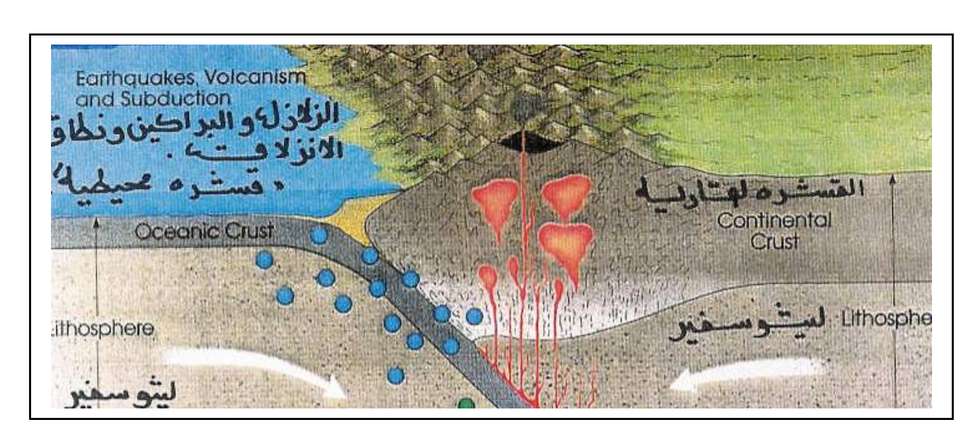
ومن دراسة الاتجاهات المختلفة لإمتداد السلاسل الجبلية المحيطية الناتجة عن البراكين فـــي جبـــال ماكدونالـــد المحيطي يتبين أن اللوح الجيولوجي للمحيط الهادي قد غير موقعه منذ ٤٠ مليون سنة مضت .

ثانيا – الحدود المتقاربة (الحدود الهدامة) :

عندما يتحرك الطرفان الأماميان للوحين جيولوجيين في اتجاهين متضادين بفعل الشد فإنهمـــا يتباعـــدان عـــن بعضهما تحت سطح الأرض أما طرفيهما الخلفيين فيتحركان في نفس الوقت في اتجاهين متقابلين ويقتربان مـــن بعضهما علي الجانب الآخر من الأرض . وعلي سبيل المثال فعند تباعد الأطراف الأمامية للوح أمريكا عن لـــوح أوراسيا عبر المحيط الأطلسي فإن كلا الطرفان الخلفيان يقتربان من بعضهما عبر المحـــيط الأطلـــسي ويـــزداد اتساعا في حين المحيط الهادي يقل اتساعه بنفس المقدار . ومن هنا يتبين أن أجزاء المحيط هي التي تتعـــرض للتزايد أو التناقص بخلاف القارات التي تظل شبه ثابتة المساحة . ولذلك فإن اللوح الواحد له حد بناء وله حـــد هدام في الطرف الآخر ، حيث تنصهر المادة الصخرية فيه والتي تتكافأ مع الكمية التي تضاف إلى الألواح فـــي الحد البناء * إلا أن اللوح الأفريقي يشذ عن هذه القاعدة حيث له حدود بناءة علي طرفيه (فـــي الغـــرب حيـــد وسط الأطلسي أما في الشرق فيوجد حيد كارلزبرج) .

فالحدود المتقاربة تقترب فيها الألواح بعضها عن بعض بفعل قوي الضغط ويهبط لوح تحت لوح آخر ، ثم يصل اللوح الهابط إلى الوشاح لينصهر جزء منه في طبقة الأسينوسفير العميقة وبهذه الطريقة تنهدم المادة الصخرية المكونة للقشرة لذلك تعرف هذه الحدود باسم الحدود الهدامة . وتسمي عملية هبوط كتلة من القشرة الأرضـــية تحت قشرة أخري بالإندساس . وتمثل الأغوار البحرية العميقة الموجودة علي جانبي المحيطات الأجزاء العلوية

لمناطق الاندساس . وقد لوحظ تمركز الزلازل العميقة علي طول الحدود المتقاربة في الأغوار البحرية العميقة كما أظهرت الدراسات أن المراكز البؤرية لهذه الزلازل تتجمع في منطقة معينة تمتد علي مستوي يميل إلى اسفل نحو القارة وتعرف هذه المنطقة باسم نطاق بنيوف (Benioff Zoon) . ولزاوية انزلاق اللوح في منطقة البنيوف أثر في تحديد النشاط البركاني ، فعندما تكون زاوية الميل قليلة لدرجة أن طرف اللوح لم يلامس النطاق الانسيابي فإن منطقة الاندساس تفتقر أي نشاط بركاني شكل (١٢).



شكل (١٢)

وقد يحدث أن يتصادم لوحان قاريان حيث لا يغوص أي منهما تحت الآخر لتشابه وزنهما وكثافتهما وينتج عن ذلك تجعد الصخور وارتفاعها علي شكل سلاسل جبلية . ونتيجة لتقابل الألواح الجيولوجية تتكون عدة مظاهر جيولوجية تتنوع حسب نوع القشرة الأرضية التي تتوج أعالي اللوح ، ومن أهم هذه المظاهر نمو القارات وبناء الجبال التي يكثر فيه الطيات والصدوع المعكوسة إلى جانب تكون الصخور المتحولة ، ومن أهم الصخور المتحولة الناتجة من عملية اندساس لوح متركب هي صخور الشيست الأزرق والأخضر اللون . وقد استخدم بعض الجيولوجيين هذين النطاقين من الصخور المتحولة كمؤشر علي حدوث عملية انزلاق الألواح تحت أرضية المحيطات .

<u>أولا تقارب لوحين محيطين :</u>

وهي منطقة يتقابل فيها لوحان محيطيان مما يؤدي إلى أن إحدى اللوحان يغوص تحت اللوح الآخر .

وفي مثل هذه الحدود يمكن معرفة اللوح الذي يذوب في الوشاح بتحديد اتجاه في نطاق بنيوف . عندما يهبط أحد اللوحين يذوب طرفه في طبقة الأسينوسفير وتنصهر الصخور الرسوبية التي تغطيها مكونة لابة حمضية معتدلة التركيب من مادة الانديزيت مكونة البراكين المركبة . وتكون هذه البراكين سلسلة من الجزر البركانية أو قوس من الجزر (Island Arc) أشهرها جزر اليابان والفلبين وأندونيسيا .

ويعزي تكون الجزر البركانية إلى احتكاك وانصهار جزء من اللوح الهابط في مواد الوشاح وهذا يؤدي لتكون أحواض محيطية صغيرة محصورة بين الجزر البركانية وبين القارة يطلق عليها الثنيات الحوضية المقعرة والتي تعتبر مصائد ارسابية يتجمع فيها الرواسب القارية والمحيطية علي السواء لتكون عنصر من عناصر نمو

القارات . وتتعرض هذه الأحواض أحيانا لعدة شقوق وتداخلات من اللابة في أرضية الأحواض مما يساعد علي نمو القارات أيضا ، وينتج عن هذه الشقوق والتداخلات غالبية الزلازل القوية في العالم .

ثانيا : تقارب لوح محيطي مع لوح قاري :

تنشأ هذه الحدود من تقارب لوحين أحدهما قاري والآخر محيطي ، فأما :

١- أن يتقدم لوح محيطي نحو لوح قاري ثابت ، أو

٢- أن يتقدم لوح قاري نحو لوح محيطي .

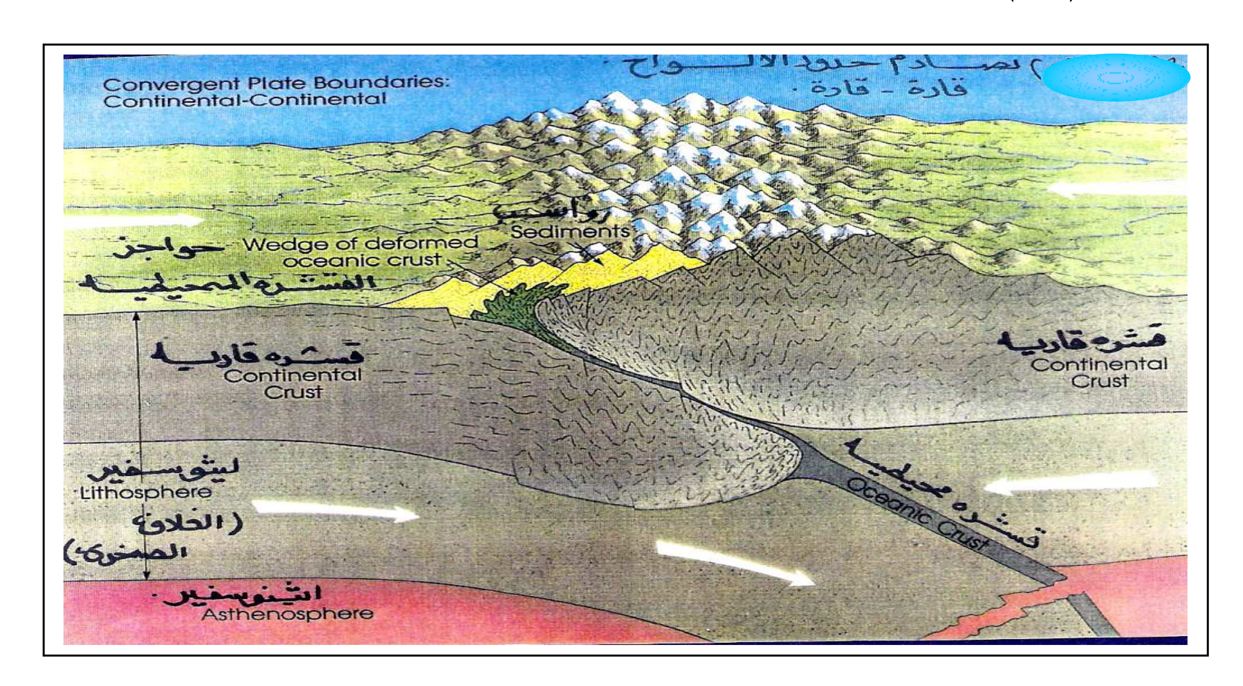
وفي كلا الحالتين سيؤدي إلى انزلاق اللوح المحيطي الأكثر وزنا وكثافة تحت اللوح القاري ويذوب في طبقة وشاح الأرض . وبداية تصادم اللوحين تنبثق لابة حمضية معتدلة مكونة سلسلة من الجزر البركانية المركبة والثنيات الحوضية المقعرة والتي تتجمع فيها الرواسب الجيوسكلينية . وتتكون هذه الثنيات الحوضية من قسمين أولهما الثنية المقعرة الحوضية ميوجيوسنكلين Miogeosyncline المتكونة فوق القارية والتي تتضمن الرواسب التي تجمعت فوق أرضية الرفارف القارية . أما القسم الثاني فهو الثنية المقعرة الحوضية أيوجيوسينكلين Eugeosyncline المتكونة فوق القشرة المحيطية والتي تتضمن الرواسب المحيطية المتمثلة في صخر الجرايواك .

مع ازدياد تقارب اللوحين تنضغط الرواسب المتجمعة في الثنية الحوضية المقعرة بين اللوحين وتتحول إلى صخور متحولة ترتفع مكونة السلاسل الجبلية العظمي الشاطئية (الجيوسينكلينية) كما في سلاسل جبال الكوردلليرا والتي تكثر بها الطيات والصدوع المعكوسة . وينتج عن هذا الاقتراب زيادة في سماكة القشرة القارية وتحدبها ، إلى جانب تكون قباب من الجرانيت والجرانوديوريت نتيجة لانصهار الرواسب المحيطية واتحادها بالماء في منطقة البنيوف وتحولها إلى مواد المجما الجرانيتية والتي تظهر علي السطح بفعل عوامل التعرية . وتعتبر مرتفعات الأنديز مثالا جيدا لمثل هذا النوع من السلاسل الجبلية . فقد تبين من دراسة تركيبها الجيولوجي أن القارة ظلت ثابتة لفترة من الزمن سمحت بتكوين أقواس الجزر المحيطية والبحار شبه المغلقة فوق الثنيات الحوضية العظمي ، ثم بدأت أمريكا الجنوبية في التحرك غربا عبر أرضية المحيط الهادي حتي اندمج كل من أقواس الجزر المحيطية والثنيات الحوضية البحرية العظمي في سلسلة مرتفعات الأنديز ، ونشأ خانق أو خندق بيروشيلي المحيطي . وينشأ عن هذه الحدود أحزمة من النشاط الزلزالي المصحوب بالنشاط البركاني النشط

ثالثا- تقارب لوحين قاريين :

وهي حدود يتقارب فيها لوحان قاريان مع بعضهما ونظرا لأن اللوحين خفيفا الوزن والكثافة نسبيا فأنهما لا يهبطان إلى أسفل بل يبقي كل منهما طافيا فوق طبقة الأسينوسفير وترتفع بذلك سلاسل جبلية شاهقة من الصخور المطوية والمتصدعة بصدوع عكسية . وقد يرتفع جزء من القشرة المحيطية عند منطقة التقاء القارتين وتتميز المنطقة الداخلية للاصطدام بواسطة حزام عريض لمركز زلازل سطحية علي طول أعداد ضخمة

من الفوالق ، ومن أشهر هذه الجبال ، جبال الهمالايا التي ارتفعت بسبب تصادم الهند بآسيا أثناء عهد الميوسين .شكل (١٣)



شكل (١٣)

. وتعتبر سلاسل جبال الألب الممتدة من الغرب إلى الشرق من جبال البيريه والأطلس المغربية عبر البحر الأبيض المتوسط حتي إلى شمال الصين قرب الشواطئ الشرقية لآسيا حدودا هدامة واقعة بين كتلتين قاريتين . والجدير بالذكر أن اللابة المنبثقة في تلك المناطق من مادة الريولايت وهي صخور نارية بركانية تتكون من مادة منصهرة شديدة الحمضية وغنية بالسيلكا وهي نفس المادة التي يتكون منها الجرانيت . ومع ازدياد تقاربهما تصطدم الكتلتان القاريتان المفصولتان بمحيط يندس اللوح المحيطي تحت اللوح القاري من الطرفين مما يؤدي إلى ضيق المحيط إلى أن يتصادم اللوحان القاريان .

ثالثا الحدود المحولة Transform Fault /صدوع الانزلاق المضربي strike- slip fault

الحواف المحافظة Consevative Margins

وهي حدود تنزلق منها الألواح بعضها نحو بعض أفقيا في اتجاهين متضادين ويوجد علي طول هذه الحدود حركة للمادة الصخرية من أسفل إلى أعلي أو من أعلي إلى اسفل ، وحيث أن مادة القشرة الأرضية عند هذه الحدود لا تضاف إلى ولا تتناقص ، فلذلك تسمي بالحواف المحافظة . وتتميز هذه الحدود علي عدد كبير من المراكز البؤرية لزلازل ضحلة ومراكز للنشاط البركاني المصحوب بانبثاقات قاعدية . وتتكون هذه الحدود من مجموعة من الصدوع الانزلاقية المضربية والتي تسمي بالصدوع المحولة وتكثر هذه الصدوع في الحدود المتباعدة في وسط المحيطات. ومن أشهر الصدوع المحولة صدع سان اندرياس الذي يمتد في غرب الولايات المتحدة ويفصل جزيرة كاليفورنيا عن المنطقة القارية ، إلى جانب الصدوع المحولة في شمال شبه الجزيرة العربية.

مقارنة بين حركة الألواح التباعدية و التقاربية

الرقم	وجه المقارنة	الحدود التباعدية	الحدود التقاربية
١-	التعريف	تبعد لوحين جيولوجيين عن بعضهما بفعل الدفع إلى الأعلي أو الشد	اقتراب الألواح الجيولوجية نحو بعضها البعض بفعل الضغط
٢-	المظاهر التضاريسية أ – المظهر الجيولوجي	– حيد	– أغوار (خانق)
	ب – نوع الزلزال	– ضحل	– ضحل–متوسط–عميق
	ج – البراكين	– درعية	– مركبة
	د– نوع الصهير	– بازلتي	–انزيت – رايولايت
	و– الصدوع	– عادية	– معكوسة
	ي – الحرارة المنبثقة	– عالية	– أقل

تصنيف الأحواض الترسيبية والجبال :

يمكن تصنيف التضاريس الجيولوجية حسب نشأتها بمعرفة موقعها بالنسبة للألواح المتحركة . وهناك علاقة بين الأمكنة التي يمكن أن تتكون فيها كميات كبيرة من الرسوبيات وبعض الجبال .

أولا – الأحواض الترسيبية :

يمكن تصنيف الأحواض الترسيبية التي تتراكم فيها كميات كبيرة من الرسوبيات علي أساس تكتونية الألواح في ثلاث أنواع :

١ – الأحواض الجيوسينكلينية : وهي تنتشر علي طول الحدود الهدامة بين الألواح حيث تكون أحواضا ترسيبية مستطيلة ، لا يزيد عرض الواحد منها علي بضع مئات من الكيلومترات ولكن طوله قد يتعدي آلاف من الكيلومترات . وتنشأ هذه الأحواض نتيجة لقوي ضغط جانبية عمودية علي اتجاه استطالتها ، كما هو الحال في جبال الألب .

٢– الأحواض الترسيبية الضحلة الفوق قارية : وهي مناطق منخفضة يمكن أن تترسب فيها كميات كبيرة من الرسوبيات البحرية الضحلة ، ولا يزيد سمكها علي بضع مئات من الأمتار . وتقع هذه الأحواض علي حافات القارات بعيدة عن الحدود بين الألواح ، ومن أمثلة هذه الأحواض القديمة حوض باريس في فرنسا .

٣ – الأحواض الترسيبية الخسفية أو وديان الانخساف : وهي أحواض ترسيبية محدودة بصدوع عادية وتتكون حينما ينشق لوح قاري إلى جزأين قبل تكوين محيط . [ولا يوجد رسوبياتها علي سطح القارات إلا نادرا] . ومثال هذا النوع من الأحواض خليج السويس والبحر الأحمر .

ثانيا – تصنيف الجبال :

هناك ثلاثة أنواع أساسية من الجبال :

١ – جبال جيوسينكلينية : ويطلق عليها أحيانا اسم أحزمة الطيات لكثرة الطيات في داخلها وتتكون نتيجة رفع وطي الرسوبيات المتراكمة في الأحواض الجيوسنكلينية .

٢ – جبال بركانية وهي عدة أنواع :

أ – الحيود الوسط محيطية التي تكون سلاسل جبلية مغمورة في قيعان المحيطات علي طول الحدود البناءة .

ب – جبال بركانية مكونة في وسط الألواح مثل جزر هاواي التي تقع فوق نقط ساخنة تحت القشرة الأرضية .

ج – سلاسل بركانية تتكون علي حدود هدامة بين لوحين حيث لا توجد كميات كافية من الرسوبيات الجيوسينكلينية لتكوين جبال جيوسنكلينية ومثال هذه السلاسل الجبلية سلسلة جبال جزر تونجا التي تقع عند تلاقي لوحين محيطيين .

٣ – جبال تصدعية : وتوجد في وسط ألواح قارية ثابتة ، وأحيانا تتكون الرسوبيات التي تؤدي إلى تكوين هذه الجبال في أحواض ترسيبية ضحلة بين قارية .

نشوء القارات وتطور نموها عبر الزمن الجيولوجي :

تتألف نويات القارات من كتل قديمة صلبة من الصخور النارية والمتحولة (الجرانيت والنيس) معا ويرجع عمرها الجيولوجي إلى فترة ما قبل الكمبري وتعرف باسم الكتل أو الدروع القارية **continental shields or cratons** وقد يطلق عليها البعض بأساس القارات . وقد أمكن تصنيف الكتل إلى عدة نطاقات جيولوجية وأطلق علي نطاقات الكتل القارية الأقدم عمرا تعبير الدروع أو الكتل الأركية **archean shields** . وتتألف معظم الدروع القارية القديمة من كتل أركية في الوسط ويحيط بها تكوينات صخرية أصغر عمرا . وقد تتغطي هذه التكوينات الأخيرة بأخري حديثة العمر الجيولوجي . وكانت توجد خمس كتل أركية قديمة تمثل أجزاء من أمريكا الشمالية – أوروبا – سيبريا (آسيا) – الصين والقارة الجنوبية (جوندوانا) ولم تظهر في هذه الكتل أية تراكيب جيولوجية .

ويمكن تفسير نمو القارات وزيادة حجمها علي أنه عملية نمو متواصلة . لفترة الارساب وأخري للبناء التكتوني . و تكونت الدروع أو الكتل الأركية الهامشية والسلاسل الجبلية والتي أضيفت إلى هوامش الكتل القارية بفعل الانضغاط خلال فترات متتابعة . وينجم عن تكرار حدوث هذه العملية فترة ارساب وأخري للبناء التكتوني .

تابعت القارات البدائية الخمس حركتها منذ العصر الكمبري ، وكانت محصلة حركة القـــارات نتيجـــة التجمـــع (تكوين قارة واحدة) ، وكانت المحيطات الواقعة في اتجاه حركة القارات تضيق تدريجيا بينما تتسع المحيطـــات الواقعة عكس اتجاه الحركة ، وهذا يعني أن قشرة المحيطات تنزلق تحت الحواف الأمامية للقارات ، وينتج عـــن ذلك ضغط قوي علي التقعرات الحوضية العظمي حول القارات يؤدي في النهاية لتحرفها وتكوين سلاسل جبليـــة تضاف إلى القارات . يوضح مراحل تزحزح القارات عبر الزمن الجيولوجي .

وخلال العصر الأردوفيسي اقتربت قارة أمريكا من قارة أوروبا ونتج عن ذلك حركة التوائية كاليدونية (اتجاهها العام من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي) في العصر السيلوري لتكوين مرتفعات اســكندينافو الكاليدونيـــة والتي تعتبر خط الاتصال القديم بين القارتين إلى جانب تكوين الأورال (شرق روسيا) وجبـــال الأبـــلاش قمـــة أمريكا الشمالية وقسم من جبال الانديز .

وعند نهاية العصر السيلوري التحمت قارة أوروبا بآسيا بالصين مكونة كتلة أراضيه تدعي أوراســـيا **Eurasia** وكانت أمريكا قريبة من أوراسيا .

وفي بداية العصر الديفوني انحسرت مياه المحيطات ما بين القارات واقتصرت فقط علـــي التقعـــرات الحوضـــية وانتهي الأمر بتصادم أمريكا الشمالية وأوراسيا وتكوين كتلة صخرية سميت لوراسيا **Laurasia** مقابـــل كتلـــة جوندوانا .

في العصر الكربوني كانت أوروبا وأمريكا الشمالية تقع في نطاق المداري في العالم وفي ذلـــك الوقـــت كانـــت تتخطي أراضيها بمساحات واسعة من المستنقعات والنباتات السرخسية (المكونة لطبقة الفحم عند تكربنها) أما قارة جندوانا فكانت تقع عند القطب الجنوبي وتعرضت لمؤثرات العصر الجليدي الكربوني .

وتميز منتصف الحياة القديمة إلى نهايته بنشاط تكتوني ، تلاحمت لوراسيا من جندوانا نتيجة لتصادمها وكونـــت كتلة قارية هي قارة بانجايا **Pangaea** إلى جانب بناء جبال (الحركة الالتوائية الهرسينية اتجاهها العـــام مـــن الشرق إلى الغرب) . وبذلك أصبحت الكتلة المائية من جهة أخري من القارة علي شكل محيط هائل . واســـتقر الوضع التكتوني وحصل انحسار شامل لمياه البحار عن القارات وكان أبرز الانحسار الأخير في نهاية البرمـــي . ومن أهم الجبال التي تكونت سلاسل جبال الابليشان (التي تربط بين أمريكا وأوروبا وجندوانا) إلى جانب جبال الأنديز وجبال تسمانيا في استراليا .

وفي آخر العصر الترياسي أخذت القارة الأم بانجيا بالتفكك والتمزق إلى القارات الحالية ونتيجة لذلك تمزق جبال الابليشيان التي كانت تصل أوروبا بأمريكا بأفريقيا مما أدي إلى انفصال أمريكا الشمالية عن جنـــدوانا . وفـــي آخر الجوراسي انفصلت أمريكا الشمالية عن أوروبا ، وانفصلت أمريكا الجنوبية عن أفريقيا عن الهند ، و كذلك انفصلت القارة القطبية الجنوبية مع استراليا عن أفريقيا .

وفي العصر الكريتاسي (الطباشيري) انفصلت جرينلاند عن أوروبا ، وانفصلت استراليا عن القـــارة القطبيـــة الجنوبية . وهكذا كان انفصال القارات وابتعادها والتي كونت في البداية أغوار شبيه بالبحر الأحمر ومن ثم

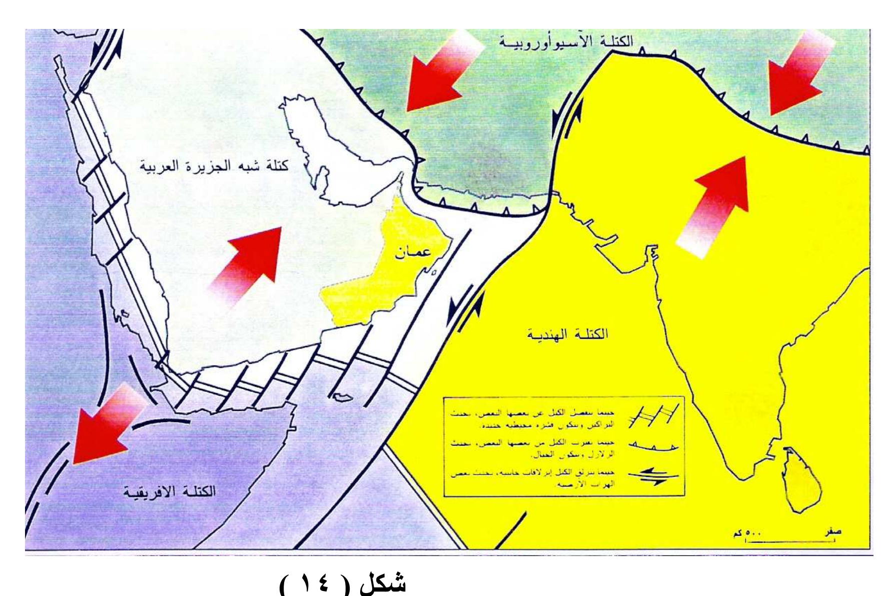
تطورت وكونت محيطات جديدة ونشأ بذلك المحيط الأطلسي والهندي اللذان يتسعان علي حساب المحيط الهــادي وينتج عن ذلك حركات أرضية بانية للجبال (الحركات الالتوائية الألبية) وكونت جبال روكي والأنديز .

وفي حقب الحياة الحديثة استمرت الحركات الأرضية الرأسية والأفقية مكونة جبال الألب وجبال أطلس وسلاســل زاجروس وطوروس والهمالايا والتي تكونت نتيجة الضغط الذي مارسته لوحا أوراسيا وأفريقيــا علــي التقعــر الحوضي لبحر تيثس عندما بدأتا تحركهما باتجاه بعضهما في بداية العصر الجوراسي .
وما زالت أرضنا تتعرض لحركات بطيئة وسريعة تغير من موقعها وشكلها هذا إلى جانب العوامل الخارجية التي تغير شكل سطح الأرض .

<u>أهم الأحداث التي أثرت علي اللوح العربي ممثلة بدولة عمان :</u>

إن الدرع العربي والذي يتكون من الجرانيت والنيس والتي تظهر بمنطقة محدودة من شــبه الجزيــرة العربيــة وتمتد لمحاذاة خليج العقبة وعلي طول ساحل البحر الأحمر الشرقي حتي مضيق باب المندب وكمــا تمتــد هــذه الصخور داخل شبه الجزيرة العربية حتي ٦٥٠كم إلى الشمال الشرقي من جدة ، قد انفصل الدرع الأفريقي فــي حقب الحياة الحديثة بسبب عوامل التصدع وقد تعرض الدرع العربي في زمان الحياة المستترة لحركات أرضية (هرونية) التوائية للأحواض الترسيبية التي أدت إلى هبوط أرضية (اللوح) إلى أسفل وتتراكم فوقها الرواســب إلى جانب تكوين طيات وصدوع وصخور متحولة إلى جانب وجود أسطح عدم التوافق بــين صــخورها وحقــب الحياة القديمة .شكل (١٤)

وفي العصر الكربوني تعــرض اللــوح لحركات أرضية التوائية شديدة أدت إلى رفع أجزاء كثيرة من شــبه الجزيــرة فتراجع البحر حتي شمالها . وفي حقب الحياة المتوسطة تعرضت شبه الجزيرة إلى طغيان البحر وانحساره خلال جميع عــصوره . وفــي نهايــة العــصر الطباشيري لعبت الحركات الأرضــية (بداية الألبية) دورا هامــا فــي بنــاء الحوض الترسيبي وتوزيع صخوره كذلك بدأت سلسلة جبال عمان في الظهور علي هيئة جزيرة هائلة وسط ذلك البحر وصحبه نشاط بركاني شديد حتي انحسر البحر عن أرض شبه الجزيرة العربية .



شكل (١٤)

وفي العصر الحديث استمرت الحركات الأرضية التي أدت إلى تكوين طيات وصدوع وتراكم طفوح بركانية بازلتية فوق الدرع العربي إلى جانب حدوث تداخلات جرانيتية في صخوره الأقدم في منطقة جبال زاجروس شرقا وجبال الدرع العربي غربا وفي عهد البليوسين تكون الخليج العربي والبحر الأحمر ومضيق باب المندب وخليج عدن وأخذت شبه الجزيرة حدودها الحالية .

وتوجد في شبه الجزيرة العربية (اللوح العربي) ثلاث أنواع من حدود الألواح الجيولوجية :

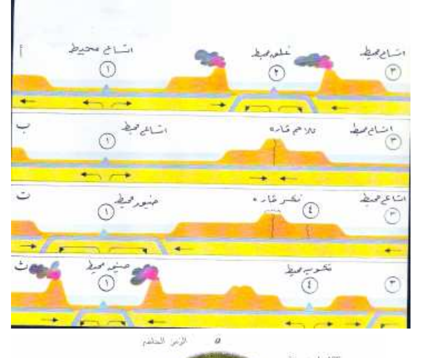
١- حد بنائي ، تباعد اللوح العربي عن الأفريقي .

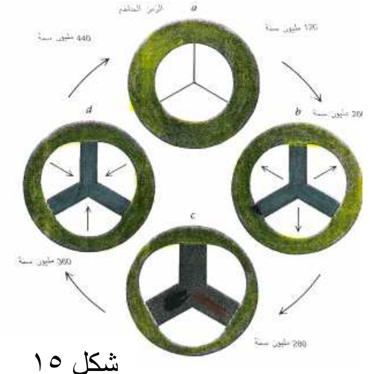
٢- حد هدام ، تصادم اللوح العربي مع اللوح الآسيوي الأوروبي.

٣- حد محول (محافظ) ، غور الأردن والبحر الميت .

وتقع عمان في الجزء الشرقي من كتلة شبه الجزيرة العربية التي تتصادم مع الكتلة الآسيوأوروبية المكونة لسلسة جبال زاجروس ومكران . ويتعرض الحد الجنوبي لتحركات جانبية علي طول مرتفع أوين وخط مصيره ويأخذ الحد الجنوب الغربي في الانفصال ببطء عن الكتلة القارية بطول البحر الأحمر وخليج عدن وأن تصادم الكتل التي تقع عليها عمان في العصر الطباشيري والذي نتج عنه صعود القشرة المحيطية فوق القشرة القارية في ظاهرة نادرة لتكشف عن صخور القشرة الأرضية والتي تسمي عندئذ بالأوفيوليت والذي يظهر واضحا في منطقة شمائل ، هذا إلى جانب تكون أنواع الطيات والصدوع والصخور المتحولة .

التغيرات المتوقع حدوثها علي شكل الأرض مستقبلا :





شكل ١٥

إذا استمرت العوامل التي تؤدي لتحرك الألواح الجيولوجية عملها بنفس الاتجاه فالمتوقع أن يحدث :

١- تحرك اللوح العربي بعيدا عن اللوح الأفريقي سيؤدي إلى تحويل البحر الأحمر إلى محيط .

٢- تحرك كل من اللوح العربي واللوح الأفريقي باتجاه اللوح الأسيوأوروبي سيحول البحر الأبيض والخليج العربي لمناطق قارية جبلية.

٣- باستمرار فعاليات الأخدود الصدعي في الأخدود الأفريقي ستفصل المنطقة الشرقية من القارة عن اللوح الأفريقي (انشطار قارة أفريقيا إلى قارتين يفصل بينهما محيط جديد) .

٤- اتساع المحيط الأطلسي وضيق المحيط الهادي ثم تحوله إلى منطقة قارية .

هذا وتتعرض الأرض لمراحل من تباعد القارات واقترابها ، وتكوين البحار واتساعها أو غلقها ، وتسمي هذه العملية بدورة ويلسون **Wilson Cycle** نسبة للعالم ويلسون (١٥)شكل